

## 明 細 書

### 固体レーザー装置

### 技術分野

- [0001] 本発明は、スラブ型の固体レーザー媒質内で被増幅光をジグザグに伝播させて増幅する固体レーザー装置に関する。

### 背景技術

- [0002] 従来におけるこの種の固体レーザー装置として、例えば、非特許文献1に記載されたものがある。この固体レーザー装置においては、被増幅光の伝播方向に沿って冷却水を流通させ、レーザー媒質において被増幅光を反射させる一対の反射端面に冷却水を接触させることで、レーザー媒質の温度上昇を防止し、熱レンズ効果及び熱複屈折効果の低減を図っている。

非特許文献1：高出力LD励起ジグザグスラブNdガラスレーザーの増幅解析，「レーザー学会学術講演会第23回年次大会 講演予稿集」，p. 51

### 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0003] しかしながら、上述した固体レーザー装置には、次のような課題が存在している。すなわち、冷却水がレーザー媒質から熱を奪うことで冷却水の温度は下流側に行くほど上昇することになるため、被増幅光の伝播方向に沿ってレーザー媒質の温度に温度勾配が生じてしまう。その結果、熱レンズ効果及び熱複屈折効果を低減することが妨げられ、レーザー出力の低下やビーム品質の低下を招くおそれがある。

- [0004] そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、被増幅光の伝播方向に沿って固体レーザー媒質の温度が均一となるように固体レーザー媒質を冷却することができる固体レーザー装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0005] 上記目的を達成するために、本発明に係る固体レーザー装置は、スラブ型の固体レーザー媒質内で被増幅光をジグザグに伝播させて増幅する固体レーザー装置であって、被増幅光の伝播面に略垂直な方向に冷却水を流通させると共に、固体レーザー媒質

において被増幅光を反射させる一対の反射端面に冷却水を接触させる流路を備えることを特徴とする。

- [0006] この固体レーザー装置においては、被増幅光を反射させる一対の反射端面に接触させる冷却水を、被増幅光の伝播面に略垂直な方向に流通させる。そのため、被増幅光の伝播方向に沿っては、固体レーザー媒質の温度が均一となるように固体レーザー媒質を冷却することができる。従って、固体レーザー媒質内における熱レンズ効果及び熱複屈折効果を低減することが可能になる。ここで、伝播面とは、固体レーザー媒質内において被増幅光がジグザグに伝播される伝播路を含む面のことである。また、伝播方向とは、伝播面と反射端面との交線に略平行な方向を意味する。
- [0007] また、流路の流入口と固体レーザー媒質との間には、流入口側から反射端面のそれぞれに向かって末広りの断面形状を有する整流部材が配置されていることが好ましい。これにより、流入口側から各反射端面に向かってスムーズに冷却水を流通させることができる。
- [0008] また、流路の流入口と固体レーザー媒質との間には、冷却水の流れを乱流にする乱流発生部材が配置されていることが好ましい。これにより、乱流状態で冷却水が各反射端面に接触することになるため、層流状態の場合に比べて効率良く固体レーザー媒質から熱を奪うことができ、固体レーザー媒質の冷却効率を向上させることが可能になる。
- [0009] また、固体レーザー媒質において伝播面に略平行な一対の平行端面には、固体レーザー媒質内で発生する自然放出光を吸収する光学部材が配置されていることが好ましい。励起光の照射により固体レーザー媒質内で発生した自然放出光が、各平行端面に配置された光学部材によって吸収されることになるため、自然放出光が無用に増幅されるのを防止することができる。
- [0010] また、固体レーザー媒質において伝播面に略平行な一対の平行端面には断熱部材が配置されていることが好ましい。これにより、固体レーザー媒質内で発生した熱が各平行端面から放出されることが防止されるため、被増幅光の伝播面に垂直な方向に沿っても、固体レーザー媒質の温度を均一化することができる。
- [0011] また、固体レーザー媒質において伝播面に略平行な一対の平行端面には、固体レー

ザ媒質内で発生する自然放出光を吸収する光学部材を介して断熱部材が配置されていることが好ましい。このような構成を採用することで、固体レーザー媒質内で発生した自然放出光が無用に増幅されるのを防止することができると共に、被増幅光の伝播面に垂直な方向に沿っても、固体レーザー媒質の温度を均一化することができる。

- [0012] また、固体レーザー媒質において被増幅光が入射又は出射する両端の入出射部分では、その角部が曲面状に面取りされており、入出射部分を保持して流路の側壁の少なくとも一部を成す保持部材と入出射部分との間において入出射部分にはリングが嵌められていることが好ましい。このように、固体レーザー媒質の両端の入出射部分において、伝播方向に延在する角部を曲面状に面取りすることで、保持部材と入出射部分との間において入出射部分に嵌められたリングは入出射部分の側面に確実に密着することになる。そのため、保持部材と固体レーザー媒質との間の水密性を確実に維持することができる。

#### 発明の効果

- [0013] 本発明によれば、被増幅光の伝播方向に沿って固体レーザー媒質の温度が均一となるように固体レーザー媒質を冷却することができる。

#### 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]図1は、本発明に係る固体レーザー装置の一実施形態の断面図ある。  
[図2]図2は、図1の固体レーザー装置のII-II線に沿っての部分拡大断面図である。  
[図3]図3は、図1の固体レーザー装置の固体レーザー媒質の斜視図である。

#### 符号の説明

- [0015] 1…固体レーザー装置、3a…入射部分(入出射部分)、3b…出射部分(入出射部分)、3…固体レーザー媒質、5a, 5b…反射端面、6a, 6b…平行端面、12, 12a, 12b…流路、13…流入口、18…光学部材、19…断熱部材、21…整流部材、23…金属メッシュ部材(乱流発生部材)、24…保持部材、26…リング、L…被増幅光、P…伝播面。

#### 発明を実施するための最良の形態

- [0016] 以下、本発明に係る固体レーザー装置の好適な実施形態について、図面を参照して

詳細に説明する。

- [0017] 図1及び図2に示されるように、固体レーザ装置1は、ハウジング2内に配置されたスラブ型の固体レーザ媒質3内で被増幅光Lをジグザグに伝播させて増幅する装置であり、冷却水により固体レーザ媒質3を冷却する構造を有している。このレーザ媒質3は、リン酸塩系のレーザ用ガラスを母材として、ネオジウム(Nd)をレーザ活性種としてドープしたものであるが、これに限定されない。例えば、母材としては、シリカ系のレーザ用ガラス、又はYAG、YLF、YVO<sub>4</sub>、S-FAP、サファイア、アレキサンドライト、フォルステライト、ガーネット等の結晶材料を用いてもよい。また、レーザ活性種としては、Yb、Er、Ho、Tm等の希土類元素、又はCr、Ti等の遷移元素を用いてもよい。
- [0018] 図3に示されるように、レーザ媒質3は長方形平板状であり、その長手方向において対面する各端面が被増幅光Lの入射端面4a、出射端面4bとされ、その厚さ方向において対面する各端面が被増幅光Lの反射端面5a、5bとされている。前述の入射端面4a及び出射端面4bは、レーザ媒質3の長手方向に対して斜めに(例えば40°の角度をもって)形成され、互いに平行となっている。なお、以下の説明では、レーザ媒質3内において被増幅光Lがジグザグに伝播される伝播路を含む面を伝播面Pとし、レーザ媒質において伝播面Pに略平行な各端面を平行端面6a、6bとする。また、伝播面Pと反射端面3cとの交線に略平行な方向(すなわち、レーザ媒質3の長手方向)を伝播方向とする。
- [0019] 図1及び図2に戻り、レーザ媒質3は、入射端面4a及び出射端面4bがそれぞれ外部に露出するようにハウジング2を貫通しており、ハウジング2においてレーザ媒質3の各反射端面5a、5bに対向する位置には、窓部材8が水密に取り付けられた矩形状の開口部2aが形成されている。更に、ハウジング2の外側において各反射端面5a、5bに対向する位置には、レーザ媒質3に励起光を照射するための半導体レーザ9が伝播方向に延在するように配置され、ハウジング2に取り付けられた支持部材11によって保持されている。
- [0020] 従って、半導体レーザ9から出射された励起光は、窓部材8を透過してレーザ媒質3に照射され、レーザ媒質3は励起された状態となる。よって、入射端面4aからレーザ媒質3内に入射した被増幅光Lは、励起状態にあるレーザ媒質3内で増幅されながら

、対面する反射端面5a, 5bで全反射を繰り返してレーザ媒質3内をジグザグに伝播し、出射端面4bから出射する。

[0021] また、ハウジング2内には、固体レーザ媒質3を冷却するための冷却水を流通させる流路12が形成されている。この流路12の流入口13は、ハウジング2において下側の平行端面6aに対向する位置に形成され、この位置には、冷却水を循環供給する冷却水供給装置の流路(図示せず)を流入口13に接続するための上流側マニホールド14が取り付けられている。一方、流路12の流出口16は、ハウジング2において上側の平行端面6bに対向する位置に形成され、この位置には、冷却水供給装置の流路と流出口16とを接続するための下流側マニホールド17が取り付けられている。

[0022] そして、流入口13と流出口16との間において流路12は、レーザ媒質3の一方の反射端面5aと一方の窓部材8との間に形成された流路12aと、レーザ媒質3の他方の反射端面5bと他方の窓部材8との間に形成された流路12bとに分岐している。従って、上流側マニホールド14内から流入口13を通過して流路12に流入した冷却水は、流路12aと流路12bとに分岐した後、再び合流して流出口16を通過して下流側マニホールド14内に流出する。

[0023] このように、固体レーザ装置1においては、流路12a, 12bを流通する冷却水が固体レーザ媒質3の一对の反射端面5a, 5bに直接接触するため、半導体レーザ9から出射された励起光によって加熱されたレーザ媒質3を効率良く冷却することができる。しかも、流路12a, 12bを流通する冷却水は、被増幅光Lの伝播面Pに略垂直な方向に流通するため、被増幅光Lの伝播方向に沿っては、固体レーザ媒質3の温度が均一となるように固体レーザ媒質3を冷却することができる。従って、固体レーザ媒質3内における熱レンズ効果及び熱複屈折効果を低減することが可能になる。

[0024] また、図1に示されるように、レーザ媒質3の下側の平行端面6aには、レーザ媒質3内で発生する自然放出光を吸収するクラディングガラス製の光学部材18が伝播方向に延在した状態で固定され、この光学部材18上には、光による劣化が殆どないテフロン(登録商標)製の断熱部材19が伝播方向に延在した状態で固定されている。同様に、レーザ媒質3の上側の平行端面6bには光学部材18が伝播方向に延在した状態で固定され、この光学部材18上には断熱部材19が伝播方向に延在した状態

で固定されている。

- [0025] このような構成を採用することで、半導体レーザ9による励起光の照射によってレーザ媒質3内で発生した自然放出光が光学部材18によって吸収されることになるため、自然放出光が無用に増幅されるのを防止することができる。更に、レーザ媒質3内で発生した熱が断熱部材19によって各平行端面6a, 6bから放出されることが防止されるため、被増幅光Lの伝播面Pに垂直な方向に沿っても、レーザ媒質3の温度を均一化することができる。
- [0026] 更に、流路12の流入口13とレーザ媒質3との間において断熱部材19上には、流入口13側から反射端面5a, 5bのそれぞれに向かって末広りの三角形の断面形状を有する整流部材21が伝播方向に延在した状態で固定されている。これにより、流入口13側から各反射端面5a, 5bに向かってスムーズに冷却水を分岐させることができる。一方、流路12の流出口16とレーザ媒質3との間において断熱部材19上には、流出口16側から反射端面5a, 5bのそれぞれに向かって末広りの三角形の断面形状を有する整流部材22が伝播方向に延在した状態で固定されている。これにより、各反射端面5a, 5bから流出口16側に向かってスムーズに冷却水を合流させることができる。
- [0027] また、流路12の流入口13とレーザ媒質3との間においてハウジング2には、冷却水の流れを乱流にする金属メッシュ部材(乱流発生部材)23が取り付けられている。これにより、乱流状態で冷却水が各反射端面5a, 5bに接触することになるため、層流状態の場合に比べて効率良くレーザ媒質3から熱を奪うことができ、レーザ媒質3の冷却効率を向上させることが可能になる。なお、乱流発生部材としては、金属メッシュ部材23に限らず、例えば、流入口13とレーザ媒質3との間においてハウジング2に複数の突起を設けたり、整流部材21の表面を階段状にしたり、更には、整流部材21の表面に伝播方向に延在する複数の溝を設けたりしてもよい。
- [0028] 更に、図3に示されるように、レーザ媒質3において被増幅光Lが入射する入射部分(入出射部分)3a、及び被増幅光Lが出射する出射部分(入出射部分)3bでは、伝播方向に延在すべき角部が曲面状に面取りされており、その断面形状は長円形状(細長いトラック形状)となっている。そして、図2に示されるように、入射部分3aは

ハウジング2から外部に突出しており、この突出した部分には、入射部分3aを保持して流路12の側壁の一部を成す保持部材24の第1の部分24aと第2の部分24bとが順次嵌め込まれ、この保持部材24と入射部分3aとの間において入射部分3aには、第1の部分24aと第2の部分24bとに挟まれるようにリング26が嵌められている。この保持部材24の第1の部分24aはボルト27によってハウジング2に固定され、第2の部分24bはボルト28によって第1の部分24aに固定されている。なお、出射部分3b側のハウジング2、保持部材24及びリング26に関する構成は入射部分3a側と同様であるため、その説明を省略する。

[0029] このような構成を採用することで、ボルト28を締め付けるとリング26が保持部材24と入射部分3aとの隙間に押し付けられることになる。このとき、入射部分3aにおいて、伝播方向に延在すべき角部が曲面状に面取りされているため、保持部材24と入射部分3aとの間において入射部分3aに嵌められたリング26が入射部分3aの側面に確実に密着することになる。このことは、出射部分3b側においても同様である。従って、保持部材24とレーザ媒質3との間の水密性を確実に維持することができる。

[0030] 本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態は、光学部材18を介して断熱部材19が各平行端面6a, 6bに配置される場合であったが、各平行端面6a, 6bに光学部材18のみが配置されてもよいし、断熱部材19のみが配置されてもよい。なお、上記実施形態のように、光学部材18を介して断熱部材19が各平行端面6a, 6bに配置される場合、光学部材18の厚さを調整して自然放出光の吸収量を制御すれば、断熱部材19を介して僅かに熱が逃げてしまうようなときにも、光学部材18の発熱によって、レーザ媒質3内で発生した熱が各平行端面6a, 6bから放出されるのを防止することができる。

#### 産業上の利用可能性

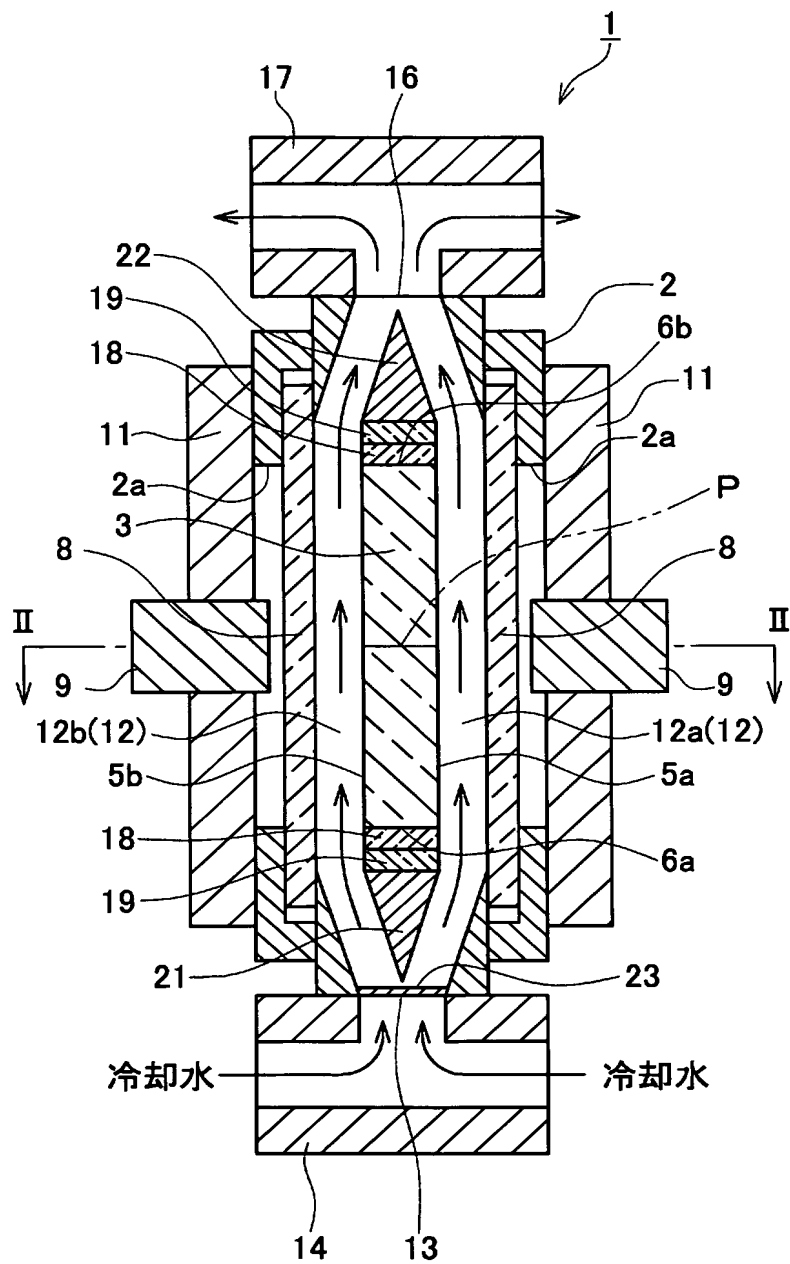
[0031] 以上説明したように、本発明によれば、被増幅光の伝播方向に沿って固体レーザ媒質の温度が均一となるように固体レーザ媒質を冷却することができる。

### 請求の範囲

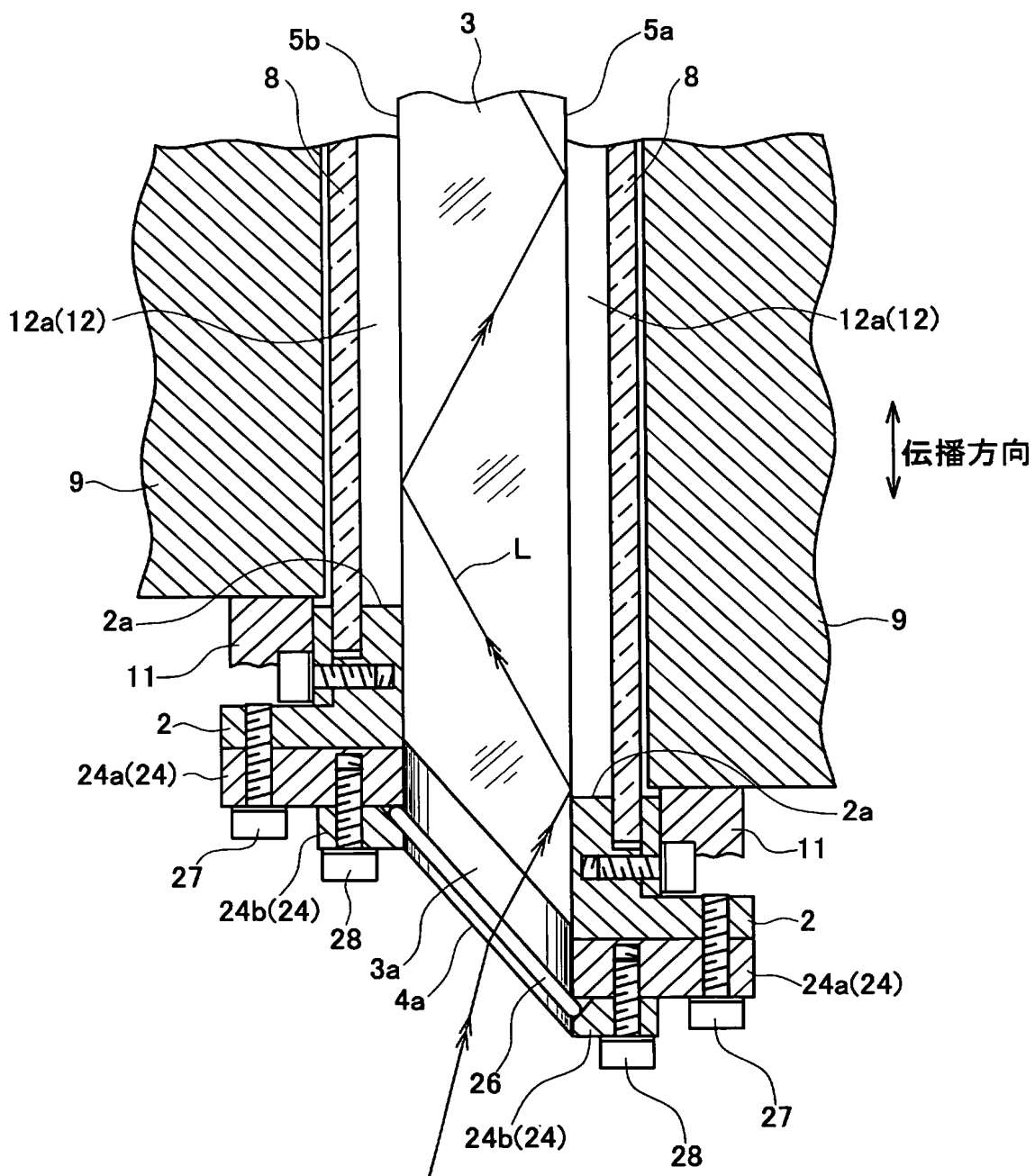
- [1]      スラブ型の固体レーザー媒質内で被増幅光をジグザグに伝播させて増幅する固体レーザー装置であって、
- 前記被増幅光の伝播面に略垂直な方向に冷却水を流通させると共に、前記固体レーザー媒質において前記被増幅光を反射させる一対の反射端面に前記冷却水を接触させる流路を備えることを特徴とする固体レーザー装置。
- [2]      前記流路の流入口と前記固体レーザー媒質との間には、前記流入口側から前記反射端面のそれぞれに向かって末広りの断面形状を有する整流部材が配置されていることを特徴とする請求項1記載の固体レーザー装置。
- [3]      前記流路の流入口と前記固体レーザー媒質との間には、前記冷却水の流れを乱流にする乱流発生部材が配置されていることを特徴とする請求項1又は2記載の固体レーザー装置。
- [4]      前記固体レーザー媒質において前記伝播面に略平行な一対の平行端面には、前記固体レーザー媒質内で発生する自然放出光を吸収する光学部材が配置されていることを特徴とする請求項1〜3のいずれか一項記載の固体レーザー装置。
- [5]      前記固体レーザー媒質において前記伝播面に略平行な一対の平行端面には断熱部材が配置されていることを特徴とする請求項1〜3のいずれか一項記載の固体レーザー装置。
- [6]      前記固体レーザー媒質において前記伝播面に略平行な一対の平行端面には、前記固体レーザー媒質内で発生する自然放出光を吸収する光学部材を介して断熱部材が配置されていることを特徴とする請求項1〜3のいずれか一項記載の固体レーザー装置。
- [7]      前記固体レーザー媒質において前記被増幅光が入射又は出射する両端の入出射部分では、その角部が曲面状に面取りされており、
- 前記入出射部分を保持して前記流路の側壁の少なくとも一部を成す保持部材と前記入出射部分との間において前記入出射部分にはOリングが嵌められていることを特徴とする請求項1〜6のいずれか一項記載の固体レーザー装置。



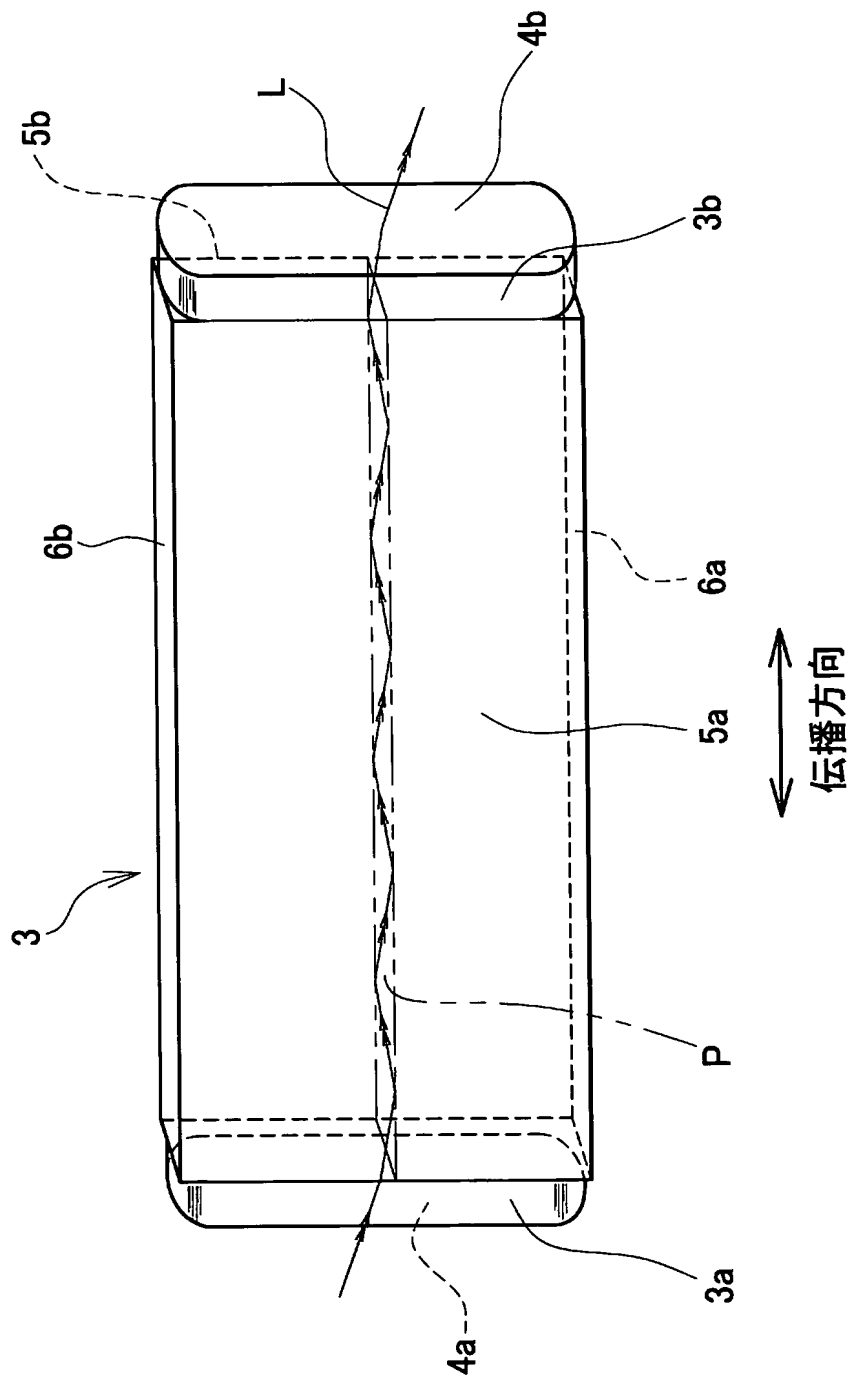
[図1]



[図2]



[図3]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012073

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01S3/042

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01S3/00-3/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 6-45667 A (Hoya Corp.),	1-2
Y	18 February, 1994 (18.02.94), Full text; all drawings (Family: none)	3-7
X	JP 1-268080 A (Mitsubishi Electric Corp.),	1-2
Y	25 October, 1989 (25.10.89), Full text; all drawings (Family: none)	3-7
Y	JP 11-340551 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 10 December, 1999 (10.12.99), Abstract; Par. No. [0088]; all drawings (Family: none)	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
24 November, 2004 (24.11.04)Date of mailing of the international search report  
14 December, 2004 (14.12.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012073

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-15844 A (Yugen Kaisha Saifasha), 19 January, 2001 (19.01.01), Par. Nos. [0009] to [0014]; Fig. 13 (Family: none)	4-6
Y	JP 6-216438 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 05 August, 1994 (05.08.94), Par. Nos. [0026] to [0027]; all drawings (Family: none)	7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01S3/042

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01S3/00-3/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 6-45667 A (ホーヤ株式会社)	1-2
Y	1994. 02. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	3-7
X	JP 1-268080 A (三菱電機株式会社)	1-2
Y	1989. 10. 25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	3-7
Y	JP 11-340551 A (三菱重工株式会社) 1999. 12. 10, 要約, 第88段落, 全図 (ファミリーなし)	3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 11. 2004

国際調査報告の発送日

14.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

古田 敦浩

2K

3013

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2001-15844 A (有限会社サイファー社) 2001. 01. 19, 第9-14段落, 第13図 (ファミリーなし)	4-6
Y	J P 6-216438 A (富士電機株式会社) 1994. 08. 05, 第26-27段落, 全図 (ファミリーなし)	7

BEST AVAILABLE COPY